

# Composition corporelle des para- et tétraplégiques

Analyse simultanée au moyen d' $\text{H}_2\text{O}^{\text{T}}$  —  $^{82}\text{Br}$  —  $^{24}\text{Na}$  —  $^{42}\text{K}$

THESE

présentée à la Faculté de médecine de l'Université de Genève  
pour obtenir le grade de docteur en médecine

par

Jean-Claude **MULLI**

de

VERSOIX (Genève)

Thèse N° 3321

GENEVE  
Editions Médecine et Hygiène  
1973



# Composition corporelle des para- et tétraplégiques

Analyse simultanée au moyen d' $\text{H}_2\text{O}^{\text{T}}$  —  $^{82}\text{Br}$  —  $^{24}\text{Na}$  —  $^{42}\text{K}$

THESE

présentée à la Faculté de médecine de l'Université de Genève  
pour obtenir le grade de docteur en médecine

par

**Jean-Claude MULLI**

de

VERSOIX (Genève)

Thèse N° 3321

GENEVE  
Editions Médecine et Hygiène  
1973

La Faculté de médecine, sur le préavis du professeur Bernard Courvoisier, autorise l'impression de la présente thèse, sans prétendre par là émettre d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, le 15 décembre 1972

*Le doyen:*  
William Geisendorf

Thèse No 3321



Que le docteur Hervé Favre, pour avoir inspiré et guidé ce travail, le docteur Alain B. Rossier, médecin chef du Centre de paraplégiques, et Madame R. Busset, du Laboratoire central, trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41545929\\_0052](https://archive.org/details/IA41545929_0052)

## INTRODUCTION

---

Différents changements biologiques ont été mis en évidence chez les traumatisés de la moelle (1, 6, 12, 15, 20, 29), portant sur le métabolisme protidique, les bilans électrolytique et phosphocalcique, les fonctions hépatiques et endocriniennes. Par contre, il n'existe à notre connaissance qu'une étude, d'ailleurs incomplète, analysant ces patients sous l'angle de la composition corporelle globale telle qu'elle est définie par Moore et coll. (17) et acceptée par de nombreux auteurs (4, 7, 11, 21, 22, 23, 24, 26).

Cette analyse de la composition corporelle des paraplégiques est due à Greenway et coll. (10), qui ont pratiqué la "dissection isotopique" d'un groupe de para- et tétraplégiques, qu'ils ont comparé à des groupes de malades chroniques en bon ou médiocre état de nutrition. La principale anomalie relevée chez les paraplégiques consistait en une augmentation de l'espace sodique comparable à celle observée chez des patients dénutris, et compatible avec la diminution de la masse maigre. Les autres valeurs mesurées donnaient des résultats semblables à ceux obtenus chez des malades chroniques en bon état de nutrition. Le potassium échangeable n'avait pas été mesuré dans cette étude.

Le but du présent travail est de compléter notre connaissance de la composition corporelle des paraplégiques, par les renseignements que peuvent donner le potassium échangeable et les valeurs qui en dérivent.

Nous avons posé pour hypothèse de départ que l'ensemble des modifications observables et analysables par la méthode dite de dissection isotopique trouverait son explication dans la fonte musculaire consécutive à la lésion médullaire, chez des patients par ailleurs indemnes de toute pathologie viscérale.

Nos résultats ont cependant montré que les modifications observées relevaient en grande partie de mécanismes différents, que nous avons discutés. En outre, nous avons recherché si un changement significatif de la composition corporelle survient au cours de l'évolution, par l'étude longitudinale des patients.

### Abréviations employées dans le texte.

Nous employons pour les différents paramètres les abréviations suivantes, qui sont celles de l'ouvrage de Moore (17):

|                 |                                                                                                       |           |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| TBW             | : eau totale (total body water)                                                                       | ( l. )    |
| ECW             | : eau extracellulaire (extracellular water)                                                           | ( l. )    |
| Na <sub>e</sub> | : sodium échangeable total                                                                            | ( meq. )  |
| K <sub>e</sub>  | : potassium échangeable total                                                                         | ( meq. )  |
| ICW             | : eau intracellulaire (intracellular water)                                                           | ( l. )    |
| TBF             | : graisse corporelle totale (total body fat)                                                          | ( kg. )   |
| FFS             | : solides maigres (fat-free solids)                                                                   | ( kg. )   |
| ECK             | : potassium extracellulaire                                                                           | ( meq. )  |
| ICK             | : potassium intracellulaire                                                                           | ( meq. )  |
| AvICK           | : concentration moyenne de potassium intracellulaire (average intracellular potassium concentration). | ( meq/l ) |

### Matériel et méthode.

L'étude porte sur 20 sujets para- ou tétraplégiques (17 hommes et 3 femmes), hospitalisés dans le Centre de Paraplégiques (Docteur A. B. Rossier, P.D) de l'Hôpital cantonal de Genève. Les mesures ont été pratiquées à divers temps de l'évolution, variant de 10 jours à 12 mois après le traumatisme, suivant la disponibilité des malades.

L'âge moyen des patients était de 27 ans pour les hommes, et 22-23 ans pour les femmes, âges compris entre 17 et 53 ans. Pour chaque patient, un bilan clinique et paraclinique très complet a permis d'établir l'intégrité des fonctions rénale, cardiaque et hépatique. Il ne nous a pas paru nécessaire d'exclure un patient (cas No. 8) qui avait présenté une fibrillation auriculaire sans signes d'insuffisance cardiaque.

Nous avons appliqué la méthode de mesure de la composition corporelle par dilution simultanée de traceurs isotopiques décrite par Busset, de Sousa et Mach (4) et qui a été utilisée dans notre laboratoire pour de nombreux travaux depuis plus de dix ans. Cette méthode permet la détermination :

1. de l'eau totale (TBW), assimilée à l'espace de diffusion de l'eau tritiée;
2. de l'eau extracellulaire (ECW), considérée comme assimilable à l'espace de diffusion du <sup>82</sup>Br, compte tenu de la pénétration du brome dans les hématies et d'un facteur de correction rétablissant la teneur réelle du sérum en eau (13);
3. du sodium échangeable (Na<sub>e</sub>), équivalant à 70 % du Na total, obtenu par mesure directe de l'activité spécifique du sérum après injection de <sup>24</sup>Na;
4. du potassium échangeable (K<sub>e</sub>), équivalant à 90 % du K total, obtenu par mesure directe de l'activité spécifique des urines à la 48<sup>me</sup> heure après injection de <sup>42</sup>K.

L'erreur de ces mesures, pour la méthode simultanée, est de l'ordre de  $\pm 5\%$ . (4).

La créatininurie de 24 h. est mesurée selon la méthode de Zender et Falbriard (30). En l'absence d'insuffisance rénale, elle est une fonction linéaire de la masse de muscle (24).

Le poids des patients n'a pu être mesuré au début dans les cas 1, 3, 4, 6 et 21. Le poids indiqué entre parenthèses est le poids habituel du malade avant son accident; il n'en a pas été tenu compte dans le calcul du poids moyen, non plus que des valeurs qui en dérivent (TBF et  $K_e/FFS$ ).

L'indice de corpulence des patients a été établi suivant la formule de Monnerot-Dumaine (16).

Parmi les valeurs qui peuvent être dérivées de ces mesures directes (17), nous avons retenu les suivantes :

1. l'eau intracellulaire (ICW) : différence entre l'eau totale et l'eau extracellulaire, toutes deux mesurées directement. Elle peut être considérée comme un indice de la masse cellulaire active, moins précis cependant que le  $K_e$ , vu les variations possibles de l'eau extracellulaire ;
2. le rapport  $Na/K_e$ , qui reflète l'importance du milieu extracellulaire vis-à-vis de la masse cellulaire. La déplétion sodée étant rare, ce rapport est surtout influencé (dans le sens d'une élévation) par la diminution du  $K_e$ .
3. le rapport  $K_e/\text{créatinine}$ , qui reflète l'importance relative de la masse musculaire au sein de la masse cellulaire totale. Dans la fonte musculaire, la créatininurie s'abaisse : le  $K_e$  s'abaisse également, mais dans une proportion moindre, vu le maintien de la masse cellulaire active non musculaire (viscères) : il en résulte une élévation du rapport  $K_e/\text{créatinine}$ . Inversement, ce rapport s'abaisse lors du gain de masse musculaire (17, 24).

L'obésité le modifie (par accroissement du  $K_e$  consécutif à l'accroissement du substrat maigre du tissu adipeux) (24, 23). On peut estimer, en effet, avec Quoidbach et coll. (25), que le "tissu d'obésité" contient en moyenne 14,4 mEq/kg de potassium.

4. le rapport  $Na + K_e / TBW$ , qui traduit l'osmolarité du corps humain pris dans son ensemble, l'eau totale étant considérée comme le solvant et la somme des cations échangeables constituant le soluté. Edelman (7), puis de Sousa et Hoerni (26, 11) ont démontré l'étroite corrélation existant entre le capital total des deux cations échangeables et l'eau totale pour des situations extrêmes allant de l'intoxication hydrique à la déshydratation sévère et de la cachexie à l'obésité, et souligné par là les répercussions de tout changement dans l'osmolarité d'un compartiment sur celle des compartiments voisins.
5. la concentration intracellulaire moyenne en potassium (AvICK), qui se calcule selon :

$$AvICK = \frac{ICK}{ICW} \quad (mEq/l)$$

où  $ICK = K_e - ECK$

et  $ECK = ECW \times K_{\text{plasmatique}} \times \text{facteur correctif (Moore) (17)}$

La baisse de la concentration intracellulaire en potassium peut être considérée, selon Nagant de Deuxchaisnes et coll. (19), comme la marque distinctive de la déplétion vraie en potassium. En effet, ces auteurs distinguent, parmi les kaliopénies :

- le déficit potassique par déperdition excessive (abus de diurétiques ou de laxatifs, etc.) ou insuffisance d'apport (anorexie), qui peut être corrigé par l'administration de potassium ;
- la déplétion vraie, avec diminution de l'AvICK, consécutive à une perturbation métabolique cellulaire (anoxie, acidose, hypercorticisme) et dont la correction ne peut intervenir qu'après celle du trouble métabolique initial ;
- la pseudo-déplétion, sans perturbation de l'AvICK, par diminution du nombre des cellules, qui se rencontre chez tous les patients atteints de maladies chroniques débilitantes, de dystrophie musculaire ou de sénescence, et qui ne peut être corrigée par l'apport de potassium.

6. la graisse totale (TBF) est calculée selon la formule de Pace et Rathbun (21), basée sur la présomption que la graisse est anhydre et que le tissu maigre contient 73,2 % d'eau, ce qui permet d'évaluer la masse maigre par : eau totale / 0,732 et la graisse totale par : poids corporel - masse maigre.

Ce calcul reste cependant entaché d'erreur :

- même dans des conditions d'hydratation normale, la teneur en eau de la masse maigre varie de 70,4 à 77,9 %. Il importe donc de s'assurer au préalable de la normalité du rapport ICW/TBW, qui permet de suspecter, s'il est anormal, une altération dans l'hydratation des tissus maigres (dans ce cas, il est généralement abaissé, les accumulations pathologiques d'eau étant pratiquement toujours extracellulaires)

- le tissu adipeux n'est pas totalement anhydre ;

il contient une masse cellulaire (adipocytes) et un liquide extracellulaire non négligeables (selon Quoidbach et coll. (25) : 1,5 % d'eau, 8,6 % de liquide extracellulaire, 12,2 mEq/kg de Na).

7. le rapport  $K_e / FFS$ , qui exprime la fraction de poids maigre occupée par le tissu cellulaire.

Son abaissement reflète une prépondérance relative du squelette et des autres solides extracellulaires pauvres en potassium au sein de la masse maigre.

Il se calcule par :

$$FFS = \text{poids corporel} - (TBW + TBF).$$

### Expression des résultats.

Il existe différentes façons d'exprimer les résultats d'une étude sur la composition corporelle, parmi lesquelles le choix doit être fait en fonc-

tion du but du travail, toutes présentant quelques inconvénients.

La méthode qui consiste à exprimer les résultats en valeur absolue est surtout utile pour comparer les états successifs d'un même sujet, ou encore d'une population homogène : utilisée pour la comparaison de sujets ou populations différents, elle ne permet de mettre en évidence que des inégalités flagrantes, vu la grande dispersion des résultats.

Cette difficulté est partiellement levée lorsqu'on rapporte les résultats au poids corporel, mais il suffit de songer aux facteurs multiples qui font varier ce dernier (proportion variable des graisses suivant le sexe et l'état de nutrition, modifications de l'eau dans les états pathologiques, en particulier les oedèmes) pour concevoir les difficultés inhérentes à cette méthode, qui ne nous semble en définitive applicable que lorsque l'on peut déterminer d'avance quel facteur intervient dans les modifications du poids.

L'expression des résultats par rapport à l'eau totale, utilisée par exemple dans le travail de Carlier et coll. (5), se heurte à la même objection.

Si elle permet d'éliminer en partie les variations dues au sexe et à l'adiposité, elle est par contre soumise à celles de l'eau totale et ne permet donc de comparer que des sujets ou groupes chez lesquels on peut présumer de la stabilité de cette dernière.

Dans le cas qui nous occupe, nous avons affaire à une population relativement homogène, que nous voulons d'une part situer par rapport à un groupe de sujets normaux, d'autre part suivre dans son évolution : nous ne pouvons à priori déterminer si d'éventuelles variations de poids seront dues à des modifications de la graisse ou de l'eau totale, ou des deux. Nous avons donc choisi d'exprimer les résultats en valeur absolue, ce qui nous empêchera peut-être de discerner certaines différences par rapport à la normale, mais rendra celles que nous trouverons d'autant plus significatives, et facilitera l'étude longitudinale des sujets.

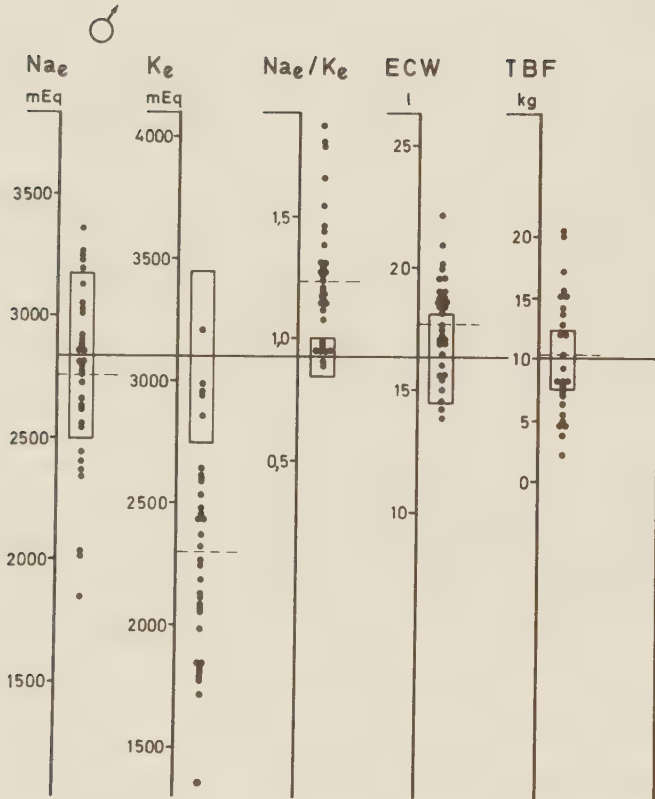


Fig. 1 Dispersion, moyenne et déviation par rapport à la normale de 5 paramètres de la composition corporelle chez 17 sujets para- ou tétraplégiques (hommes).  
Les limites des valeurs normales sont indiquées par les zones ombrées, la moyenne de nos mesures par des traits horizontaux. On constate une diminution du  $K_e$  et une élévation du rapport  $Na_e/K_e$ .

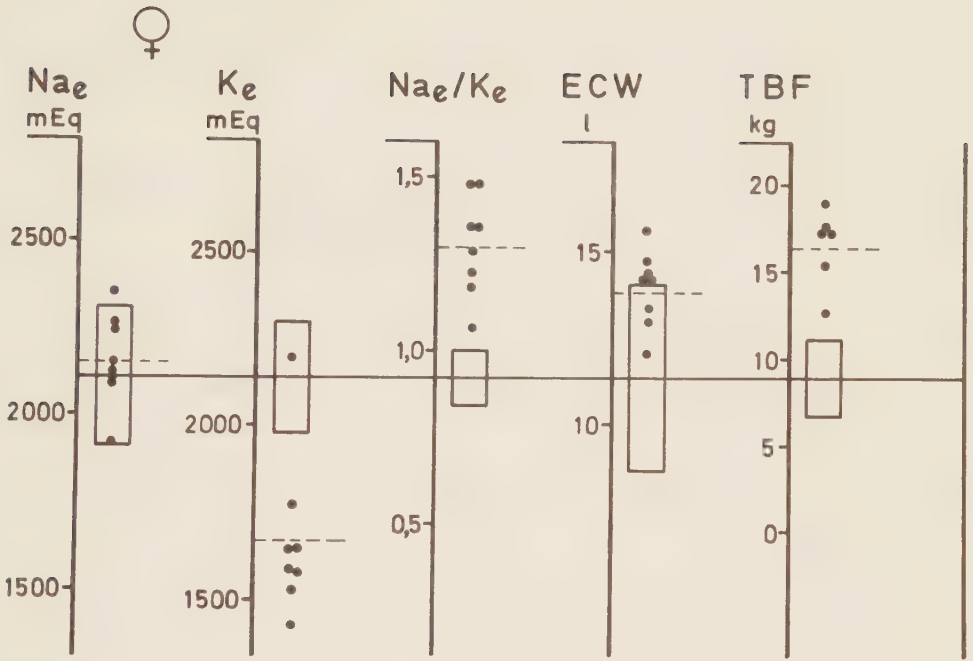


Fig. 2 Dispersion, moyenne et déviation par rapport à la normale de 5 paramètres de la composition corporelle chez 3 sujets para- ou tétraplégiques (femmes). Les limites des valeurs normales sont indiquées par les zones ombrées, la moyenne de nos mesures par des traits horizontaux. On constate une diminution du  $K_e$ , une élévation du rapport  $Na_e/K_e$ , ainsi que de la graisse totale (TBF).

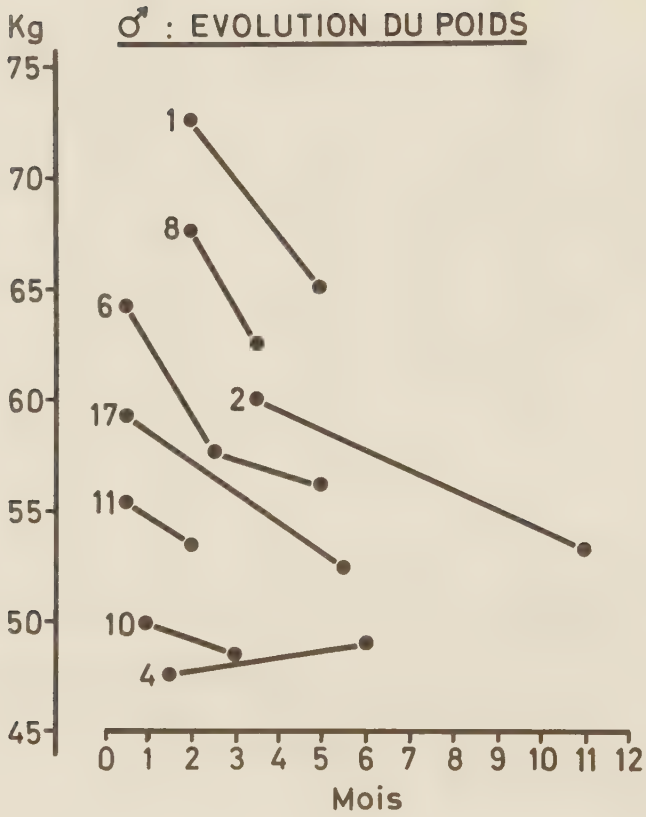


Fig. 3 Evolution du poids chez 9 patients para- et tétraplégiques (hommes), montrant la tendance de la majorité à la perte pondérale.

TABLEAU I

| Patients      | Age | A  | B  | Niveau | Intensité de la lésion et remarques |             |                                                                      |
|---------------|-----|----|----|--------|-------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------|
| <u>Hommes</u> |     |    |    |        |                                     |             |                                                                      |
| 1 TEN         | 31  | 3  | 7  | L3L4   | P. incompl. flasque                 |             | Très bonne<br>récupération                                           |
| 2 MAR         | 22  | 4  | 6  | L3     | P.                                  | " spastique |                                                                      |
| 3 BAE         | 28  | 10 | 12 | L2     | P.                                  | " "         | Physic.<br>après 2<br>mois -P.O.A.                                   |
| 4 REC         | 20  | 2  | 6  | D11D12 | P. compl. flasque                   |             |                                                                      |
| 5 SAC         | 17  | 2  | 4  | D10D11 | P.                                  | " "         |                                                                      |
| 6 MUN         | 25  | 2  | 5  | D10D11 | P.                                  | " spastique |                                                                      |
| 7 BEN         | 46  | 4  | 6  | D10D11 | P.                                  | " "         |                                                                      |
| 8 PAN         | 53  | 3  | 7  | D7D8   | P.                                  | " "         | Fibrilla-<br>tion auri-<br>culaire                                   |
| 9 VER         | 28  | 3  | 5  | D6D7   | P.                                  | " "         | Médiocre<br>collabora-<br>tion                                       |
| 10 POR        | 19  | 2  | 3  | D5D6   | P.                                  | " "         |                                                                      |
| 11 PRO        | 24  | 1  | 4  | D5D6   | P.                                  | " "         |                                                                      |
| 12 MAN        | 19  | 2  | 5  | C7C8   | T.                                  | " "         | Physio.<br>après 6<br>mois-P.O.A.<br>très bonne<br>récupéra-<br>tion |
| 13 DOR        | 50  | 8  | 9  | C7     | T.                                  | " "         |                                                                      |
| 14 BOS        | 18  | 1  | 6  | C6C7   | T.                                  | " "         |                                                                      |
| 15 VER        | 18  | 1  | -  | C6C7   | T.                                  | " "         | Lésion<br>grave                                                      |
| 16 PER        | 24  | 2  | 5  | C6C7   | T.                                  | " "         |                                                                      |
| 17 LAP        | 17  | 1  | 5  | C5C6   | T.                                  | " "         |                                                                      |
| <u>Femmes</u> |     |    |    |        |                                     |             |                                                                      |
| 18 AUG        | 23  | 2  | 3  | D4D5   | P.                                  | " "         |                                                                      |
| 19 DEB        | 20  | 2  | 5  | C8D1   | T.                                  | " "         |                                                                      |
| 20 CAT        | 24  | 3  | -  | C7     | T.                                  | " "         |                                                                      |

Tableau I : identification des patients, évolution et durée de la physiothérapie, niveau et intensité de la lésion.  
 Classement par ordre croissant de gravité lésionnelle et d'âge.  
 A : délai (mois) entre l'accident et la mise en fauteuil roulant.  
 B : durée (mois) de la physiothérapie  
 P : paraplégie  
 T : tétraplégie  
 P.O.A. : para-ostéo-arthropathie.

TABLEAU II

| Cas | Date<br>(mois) | Poids<br>(kg) | Taille<br>(cm) | TBW<br>(l) | ECW<br>(l) | Na <sub>e</sub><br>(mëq) | K <sub>e</sub><br>(mëq) | Créatinine urinaire<br>(mg/24 h.) |
|-----|----------------|---------------|----------------|------------|------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 1   | 2              | 72,5          | 175            | 38,1       | 18,7       | 3171                     | 2645                    | 703                               |
|     | 5              | 65,1          |                | 35,0       | 18,5       | 3235                     | 2480                    | 943                               |
| 2   | 2              | (60)          | 175            | 36,6       | 17,0       | 2011                     | 2245                    | 911                               |
|     | 3 1/2          | 60,0          |                | 32,8       | 14,5       | 2437                     | 2112                    | 897                               |
|     | 11             | 53,2          |                | 35,6       | 14,2       | 2357                     | 2453                    | 1197                              |
| 3   | 2              | (75)          | 173            | 29,6       | 19,0       | 2545                     | 1357                    | 469                               |
|     | 5              | --            |                | 34,0       | 18,3       | 2850                     | 1716                    | 1025                              |
| 4   | 2 1/2          | 47,6          | 172            | 29,5       | 16,9       | 2771                     | 1805                    | 504                               |
|     | 6              | 49,0          |                | 32,6       | 16,0       | 2609                     | 2067                    | 594                               |
| 5   | 1              | (70)          | 180            | 45,0       | 21,0       | 2911                     | 2989                    | 967                               |
|     | 2              | 70,5          |                | 42,7       | 20,0       | 3257                     | 2860                    | 943                               |
|     | 10             | --            |                | 44,0       | 18,5       | 3046                     | 3209                    | 1314                              |
| 6   | 1/2            | 64,2          | 172            | 40,2       | 19,0       | 3025                     | 2604                    | 1210                              |
|     | 2 1/2          | 57,5          |                | 36,6       | 18,7       | 3005                     | 2368                    | 1041                              |
|     | 5              | 56,4          |                | 37,3       | 17,5       | 2874                     | 2434                    | 693                               |
| 7   | 1/2            | (70)          | 170            | 36,7       | 18,1       | 1839                     | 2085                    | 739                               |
|     | 5              | 52,0          |                | 36,5       | 19,6       | 3220                     | 1796                    | 624                               |
| 8   | 2              | 67,5          | 167            | 31,7       | 17,0       | 2616                     | 1786                    | 693                               |
|     | 3 1/2          | 62,5          |                | 34,4       | 20,1       | 3250                     | 1823                    | 589                               |
| 9   | 1              | (78)          | 171            | 41,2       | 19,5       | 2757                     | 2428                    | 1353                              |
|     | 7              | 70,5          |                | 41,4       | 15,6       | 2791                     | 2940                    | 1084                              |
| 10  | 1              | 50,0          | 158            | 29,1       | 15,0       | 2334                     | 1846                    | 619                               |
|     | 3              | 48,5          |                | 29,6       | 13,9       | 2020                     | 2122                    | 775                               |
| 11  | 1/2            | 55,3          | 175            | 35,8       | 15,6       | 2406                     | 2056                    | 1325                              |
|     | 2              | 53,3          |                | 33,1       | 17,9       | 2798                     | 2251                    | 948                               |
| 12  | 1/2            | 65,0          | 175            | 36,5       | 15,4       | 2720                     | 2532                    | 1046                              |
| 13  | 6              | 74,0          | 172            | 45,3       | 22,2       | 3351                     | 2587                    | 840                               |
| 14  | 1              | 53,2          | 174            | 36,2       | 17,2       | 2890                     | 2595                    | 689                               |
|     | 3              | 57,7          |                | 36,7       | 17,6       | 2849                     | 2185                    | 1340                              |
| 15  | 1/2            | 65,0          | 179            | 37,6       | 16,4       | 2549                     | 1991                    | 1133                              |
| 16  | 1/2            | 64,4          | 172            | 37,7       | 18,5       | 2796                     | 2955                    | 843                               |
| 17  | 1/2            | 59,1          | 176            | 39,8       | 18,4       | 2850                     | 2322                    | 1407                              |
|     | 5 1/2          | 52,5          |                | 32,5       | 16,8       | 2654                     | 1847                    | 435                               |

Tableau II Hommes, mesures directes. Le poids des patients n'ayant pas pu être obtenu partout, leur poids habituel est indiqué entre parenthèses. Le K<sub>e</sub> est significativement abaissé dans la grande majorité des cas.

TABLEAU III

| Cas | Date<br>(mois) | TBF<br>(kg) | ICW<br>(l) | Na <sub>e</sub> /K <sub>e</sub> | K <sub>e</sub> /créat. | AvICK<br>(meq/l) | Na <sub>e</sub> +K <sub>e</sub> /TBW<br>(meq/l) | K <sub>e</sub> /FFS |
|-----|----------------|-------------|------------|---------------------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------------------|---------------------|
| 1   | 2              | 20,4        | 19,4       | 1,20                            | 3,76                   | 131,8            | 152,7                                           | 188,9               |
|     | 5              | 17,3        | 16,5       | 1,38                            | 2,63                   | 145,5            | 163,3                                           | 193,8               |
| 2   | 2              | (10)        | 19,6       | 0,90                            | 2,46                   | 110,1            | 116,3                                           | (167,5)             |
|     | 3 1/2          | 15,2        | 18,3       | 1,15                            | 2,35                   | 111,8            | 138,7                                           | 176,0               |
|     | 11             | 4,6         | 21,4       | 0,96                            | 2,05                   | 111,6            | 135,1                                           | 188,7               |
| 3   | 2              | (34)        | 10,6       | 1,88                            | 2,89                   | 118,7            | 131,8                                           | (124,5)             |
|     | 5              | --          | 15,7       | 1,66                            | 1,67                   | 104,2            | 134,3                                           | --                  |
| 4   | 2 1/2          | 7,3         | 12,6       | 1,54                            | 3,58                   | 137,3            | 155,1                                           | 167,1               |
|     | 6              | 4,5         | 16,6       | 1,26                            | 3,48                   | 120,6            | 143,4                                           | 173,7               |
| 5   | 1              | (8,5)       | 24,0       | 0,97                            | 3,09                   | 120,2            | 131,1                                           | (181,2)             |
|     | 2              | 12,1        | 22,7       | 1,14                            | 3,03                   | 122,0            | 143,3                                           | 182,2               |
|     | 10             | --          | 25,5       | 0,95                            | 2,44                   | 122,7            | 142,2                                           | --                  |
| 6   | 1/2            | 9,3         | 24,0       | 1,16                            | 2,15                   | 104,9            | 140,0                                           | 177,1               |
|     | 2 1/2          | 7,5         | 17,9       | 1,27                            | 2,27                   | 127,9            | 146,8                                           | 176,7               |
|     | 5              | 5,5         | 19,8       | 1,18                            | 3,51                   | 118,4            | 142,3                                           | 179,0               |
| 7   | 1/2            | (20)        | 18,6       | 0,88                            | 2,82                   | 107,6            | 106,9                                           | (155,6)             |
|     | 5              | 2,1         | 16,9       | 1,79                            | 2,88                   | 101,1            | 137,4                                           | 134,0               |
| 8   | 2              | 20,2        | 14,7       | 1,46                            | 2,58                   | 116,3            | 138,9                                           | 154,0               |
|     | 3 1/2          | 15,6        | 14,3       | 1,78                            | 3,10                   | 121,0            | 147,5                                           | 145,8               |
| 9   | 1              | (22)        | 21,7       | 1,14                            | 1,79                   | 107,8            | 125,8                                           | (161,9)             |
|     | 7              | 14,0        | 25,8       | 0,95                            | 2,71                   | 111,1            | 138,4                                           | 194,7               |
| 10  | 1              | 10,3        | 14,1       | 1,26                            | 2,98                   | 125,9            | 143,6                                           | 174,2               |
|     | 3              | 8,1         | 15,7       | 0,95                            | 2,74                   | 131,4            | 139,9                                           | 196,5               |
| 11  | 1/2            | 6,4         | 20,2       | 1,17                            | 1,55                   | 98,2             | 124,6                                           | 156,9               |
|     | 2              | 8,1         | 15,2       | 1,24                            | 2,37                   | 142,3            | 152,5                                           | 186,0               |
| 12  | 1/2            | 15,1        | 21,1       | 1,07                            | 2,42                   | 116,9            | 143,9                                           | 189,0               |
| 13  | 6              | 12,1        | 23,1       | 1,30                            | 3,08                   | 107,5            | 131,1                                           | 155,8               |
| 14  | 1              | 3,8         | 19,0       | 1,11                            | 3,77                   | 132,4            | 151,5                                           | 196,6               |
|     | 3              | 7,6         | 19,1       | 1,30                            | 1,63                   | 110,9            | 137,2                                           | 163,1               |
| 15  | 1/2            | 13,7        | 21,2       | 1,28                            | 1,76                   | 90,7             | 120,7                                           | 145,3               |
| 16  | 1/2            | 12,9        | 19,2       | 0,95                            | 3,51                   | 149,4            | 152,5                                           | 214,1               |
| 17  | 1/2            | 4,8         | 21,4       | 1,23                            | 1,65                   | 105,2            | 129,9                                           | 160,1               |
|     | 5 1/2          | 8,1         | 15,7       | 1,44                            | 4,25                   | 112,9            | 138,5                                           | 155,2               |

Tableau III Hommes, choix de valeurs dérivées. Les valeurs dérivées des poids qui n'ont pas pu être obtenus sont indiquées entre parenthèses (TBF, K /FFS). L'AvICK, les rapports Na<sub>e</sub> + K<sub>e</sub> /FFS sont significativement abaissés dans la grande majorité des cas.

TABLEAU IV A

| Paramètre                                          | Normale     | Moyenne | Dév. stand. | Différence | Signification |
|----------------------------------------------------|-------------|---------|-------------|------------|---------------|
| <u>Taille</u><br>(cm)                              | ---         | 172,7   | 4,9         | ---        | ---           |
| <u>Poids</u><br>(kg)                               | ---         | 59,5    | 7,88        | ---        | ---           |
| <u>TBW</u><br>(l)                                  | 40,7 + 5,66 | 36,40   | 4,37        | - 4,3      | NS            |
| <u>ECW</u><br>(l)                                  | 16,3 + 1,70 | 17,65   | 1,96        | + 1,35     | NS            |
| <u>Na<sub>e</sub></u><br>(meq)                     | 2830 + 339  | 2751    | 351         | - 79       | NS            |
| <u>K<sub>e</sub></u><br>(meq)                      | 3096 + 332  | 2287    | 431         | - 809      | p<0,01        |
| <u>TBF</u><br>(kg)                                 | 9,6 + 2,4   | 10,25   | 5,08        | + 0,65     | NS            |
| <u>ICW</u><br>(l)                                  | 21 + 3      | 18,53   | 3,52        | - 2,47     | NS            |
| <u>Na<sub>e</sub>/K<sub>e</sub></u>                | 0,85 - 1,00 | 1,23    | 0,26        | + 0,23     | NS            |
| <u>K<sub>e</sub>/créat.</u><br>(meq/mg)            | 2,0 + 0,25  | 2,69    | 0,70        | + 0,69     | NS            |
| <u>AvICK</u><br>(meq/l)                            | 150 + 10    | 118,06  | 13,74       | - 31,94    | p<0,01        |
| <u>Na<sub>e</sub>+K<sub>e</sub>/TBW</u><br>(meq/l) | 155 + 5     | 138,70  | 11,67       | - 16,30    | p<0,05        |
| <u>K<sub>e</sub>/FFS</u><br>(meq/kg)               | 225 + 25    | 174,01  | 19,31       | - 50,99    | p<0,01        |

Tableau IV A Hommes, comparaison des valeurs moyennes avec la normale par le test de t. On note un abaissement significatif de K<sub>e</sub>, AvICK, Na<sub>e</sub> + K<sub>e</sub>/TBW et K<sub>e</sub>/FFS. Les autres moyennes ne montrent pas d'écart significatif de la normale (NS = non significatif).

TABLEAU IV B

| Paramètre                                          | Moyenne avant | Dév. stand. | Moyenne après | Dév. stand. | Différence | Signification |
|----------------------------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|------------|---------------|
| <u>Poids</u><br>(kg)                               | 59,52         | 6,02        | 59,46         | 8,74        | - 0,06     | NS            |
| <u>TBW</u><br>(l)                                  | 37,80         | 3,97        | 35,70         | 4,48        | - 2,10     | NS            |
| <u>ECW</u><br>(l)                                  | 17,64         | 1,89        | 17,65         | 2,03        | + 0,01     | NS            |
| <u>Na<sub>e</sub></u><br>(meq)                     | 2643          | 342         | 2805          | 380         | + 162      | NS            |
| <u>K<sub>e</sub></u><br>(meq)                      | 2400          | 380         | 2231          | 452         | - 169      | NS            |
| <u>TBF</u><br>(kg)                                 | 9,53          | 4,23        | 10,57         | 5,50        | + 1,04     | NS            |
| <u>ICW</u><br>(l)                                  | 20,40         | 2,75        | 18,05         | 3,92        | - 2,35     | NS            |
| <u>Na<sub>e</sub>/K<sub>e</sub></u>                | 1,11          | 0,13        | 1,30          | 0,29        | + 0,19     | p < 0,05      |
| <u>K<sub>e</sub>/créat.</u><br>(meq/mg)            | 2,49          | 0,78        | 2,79          | 0,65        | + 0,30     | NS            |
| <u>AvICK</u><br>(meq/l)                            | 114,47        | 16,76       | 119,86        | 11,99       | + 5,39     | NS            |
| <u>Na<sub>e</sub>+K<sub>e</sub>/TBW</u><br>(meq/l) | 133,68        | 14,02       | 141,21        | 9,70        | + 7,53     | NS            |
| <u>K<sub>e</sub>/FFS</u><br>(meq/kg)               | 176,66        | 22,69       | 172,84        | 18,20       | - 3,82     | NS            |

Tableau IV B Hommes, comparaison entre l'ensemble des valeurs obtenues avant et après un mois à dater de l'accident. Le test de t montre que seule une modeste élévation de  $\text{Na}_e/\text{K}_e$  est significative (limite) ; elle résulte des variations opposées et non significatives (NS) en elles-mêmes de  $\text{Na}_e$  et  $\text{K}_e$ .

TABLEAU IV C

| Paramètre                                          | Moyenne avant | Dév. stand. | Moyenne après | Dév. stand. | Différence | Signification |
|----------------------------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|------------|---------------|
| <u>Poids</u><br>(kg)                               | 63,13         | 7,34        | 55,83         | 6,82        | - 7,30     | p 0,02        |
| <u>TBW</u><br>(l)                                  | 37,18         | 4,57        | 35,34         | 4,01        | - 1,84     | NS            |
| <u>ECW</u><br>(l)                                  | 17,93         | 2,03        | 17,27         | 1,85        | - 0,66     | NS            |
| <u>Na<sub>e</sub></u><br>(meq)                     | 2700          | 391         | 2819          | 343         | + 119      | NS            |
| <u>K<sub>e</sub></u><br>(meq)                      | 2300          | 447         | 2270          | 423         | - 030      | NS            |
| <u>TBF</u><br>(kg)                                 | 12,02         | 5,17        | 8,48          | 4,49        | - 3,59     | NS            |
| <u>ICW</u><br>(l)                                  | 19,40         | 3,54        | 18,07         | 3,91        | - 1,33     | NS            |
| <u>Na<sub>e</sub>/K<sub>e</sub></u>                | 1,20          | 0,24        | 1,28          | 0,28        | + 0,04     | NS            |
| <u>K<sub>e</sub>/créat.</u><br>(meq/mg)            | 2,59          | 0,70        | 2,83          | 0,69        | + 0,24     | NS            |
| <u>AvICK</u><br>(meq/l)                            | 114,82        | 13,67       | 122,47        | 13,02       | + 7,65     | NS            |
| <u>Na<sub>e</sub>+K<sub>e</sub>/TBW</u><br>(meq/l) | 134,61        | 12,40       | 144,25        | 8,04        | + 9,64     | p < 0,02      |
| <u>K<sub>e</sub>/FFS</u><br>(meq/kg)               | 174,63        | 19,75       | 173,40        | 19,64       | - 1,23     | NS            |

Tableau IV C Hommes, comparaison entre l'ensemble des valeurs obtenues avant et après passage au fauteuil roulant.  
Le test de t montre que les seules variations significatives sont un abaissement du poids corporel et une élévation du rapport  $\text{Na}_e + \text{K}_e / \text{TBW}$ .  
(NS = non significatif).

TABLEAU V

| Cas      | Mesures<br>(date) | Poids<br>(kg) | Taille<br>(cm) | TBW<br>(l) | ECW<br>(l) | Na <sub>e</sub><br>(mEq) | K <sub>e</sub><br>(MEq) | Créatinine<br>urinaire<br>(mg/24 h.) |
|----------|-------------------|---------------|----------------|------------|------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 21       | 1/2 mois          | 68,3          | 166            | 36,1       | 14,7       | 2348                     | 2201                    | 1024                                 |
|          | 2 "               | 58,0          |                | 29,7       | 14,3       | 2123                     | 1651                    | 627                                  |
| 20       | 1 "               | 49,8          | 168            | 23,9       | 12,9       | 2097                     | 1771                    | 715                                  |
|          | 2 1/2"            | 50,5          |                | 27,7       | 14,0       | 2237                     | 1647                    | 296                                  |
| 19       | 1/2 "             | (57)          | 152            | 26,6       | 13,3       | 2110                     | 1424                    | 882                                  |
|          | 2 "               | (57)          |                | 25,5       | 15,6       | 2153                     | 1588                    | 566                                  |
|          | 6 "               | 53,0          |                | 27,6       | 14,0       | 2252                     | 1524                    | 760                                  |
|          | 12 "              | 47,9          |                | 22,5       | 12,0       | 1917                     | 1577                    | 619                                  |
| Moyennes |                   | 54,6          | 162            | 27,4       | 13,8       | 2154                     | 1673                    | 686                                  |
| Normale  |                   |               |                | 30,3       | 11,3       | 2109                     | 2133                    |                                      |
|          |                   |               |                | + 4,10     | + 2,70     | + 195                    | + 168                   |                                      |

Tableau V et VI Femmes, mesures directes et choix de valeurs dérivées. Le poids habituel des malades est indiqué entre parenthèses là où il n'a pas pu être obtenu directement, de même que les valeurs qui en dérivent (TBF et K<sub>e</sub>/FFS). On retrouve un net abaissement de K<sub>e</sub>, d'AvICK, de Na<sub>e</sub> + K<sub>e</sub>/TBW et de K<sub>e</sub>/FFS ; de plus, la graisse totale<sup>e</sup> est augmentée (fonction du sexe). Vu le petit nombre de mesures, leur signification n'a pas été évaluée statistiquement.

TABLEAU VI

| Cas      | Mesures<br>(dates) | TBF<br>(kg) | ICW<br>(l) | Na <sub>e</sub> /K <sub>e</sub> | K <sub>e</sub> /créat.<br>(mEq/mg) | AvICK<br>(mEq/l) | Na <sub>e</sub> +K <sub>e</sub> /TBW<br>(mEq/l) | K <sub>e</sub> /FFS<br>(mEq/kg) |
|----------|--------------------|-------------|------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| 21       | 1/2 mois           | 18,9        | 21,4       | 1,07                            | 2,15                               | 99,7             | 126,0                                           | 165,5                           |
|          | 2 "                | 17,5        | 15,4       | 1,29                            | 2,63                               | 102,8            | 127,1                                           | 152,9                           |
| 20       | 1 "                | 17,1        | 11,0       | 1,18                            | 2,48                               | 155,5            | 161,8                                           | 201,3                           |
|          | 2 1/2 "            | 12,6        | 13,7       | 1,36                            | 5,56                               | 115,7            | 140,2                                           | 161,5                           |
| 19       | 1/2 "              | (20,6)      | 13,3       | 1,48                            | 1,61                               | 103,3            | 132,9                                           | 145,3                           |
|          | 2 "                | (22,2)      | 9,9        | 1,36                            | 2,81                               | 153,3            | 146,7                                           | 170,8                           |
|          | 6 "                | 15,3        | 13,6       | 1,48                            | 2,01                               | 107,8            | 136,8                                           | 150,9                           |
|          | 12 "               | 17,1        | 10,5       | 1,22                            | 2,55                               | 145,4            | 155,3                                           | 190,0                           |
| Moyennes |                    | 16,4        | 13,6       | 1,30                            | 2,72                               | 122,9            | 140,8                                           | 167,3                           |
| Normale  |                    | 6,6-        | 16,5-      | 0,85-                           | 1,75-                              | 140-             | 150-                                            | 200-                            |
|          |                    | 11          | 22         | 1,00                            | 2,25                               | 160              | 160                                             | 250                             |

### Résultats et commentaires.

Les renseignements concernant les patients et les résultats des mesures sont présentés dans les tableaux I à VI. Les figures 1 et 2 montrent, pour hommes et femmes, la dispersion de quelques-uns des paramètres mesurés. Vu leur petit nombre, les mesures concernant les femmes n'ont pas été soumises à l'analyse statistique comme l'ont été celles concernant les hommes (tableau IV A).

1. Comparaison du groupe des hommes avec la normale
- 1.1. Le poids moyen est bas 59,5 kg) pour une taille moyenne de 172,7 cm) et correspond à un indice de corpulence moyen de 0,88 (extrêmes 0,76 - 1,01,  $S = 0,05$ ), soit à un abaissement moyen de 12 % par rapport au poids idéal.
- 1.2. La graisse totale (TBF) est dans les limites normales.
- 1.3. L'eau totale moyenne avoisine la limite inférieure de la normale ; sa répartition en compartiments intra- et extracellulaire n'est pas grossièrement perturbée : on relève une ECW proche de la limite supérieure, et donc une ICW proche de la limite inférieure de la normale, mais l'écart n'est pas statistiquement significatif.
- 1.4. Le sodium échangeable est également dans les limites normales.
- 1.5. Le potassium échangeable, par contre, est significativement abaissé ( $p < 0,01$ ) avec une valeur absolue moyenne de 2287 mEq ( $S = 431$ ). Cet abaissement a pour conséquence la modification de diverses valeurs dérivant du  $K_e$  :
- 1.6. Le rapport  $Na_e / K_e$  est élevé (quoique non significativement) par abaissement du dénominateur et maintien à la normale du numérateur ;
- 1.7. Le rapport  $Na_e + K_e / TBW$  est abaissé ( $Na_e$  normal,  $K_e$  abaissé, TBW légèrement augmentée) ; cet abaissement est significatif ( $p = 0,05$ ). Il existe donc une baisse de l'osmolarité du corps pris dans son ensemble - qui ne se traduit pas chez nos patients par une hyponatrémie, le Na sérique étant compris entre 135 et 143 mEq/l avec une valeur moyenne de 139,5 mEq/l - mais par une hypoosmolarité cellulaire (baisse de l'AvICK).
- 1.8. Le rapport  $K_e / FFS$  est significativement abaissé ( $p = 0,01$ ), ce qui se conçoit si l'on admet que la perte de poids s'est faite aux dépens de la masse maigre (maintien de TBF dans la norme), et de manière prépondérante aux dépens de la musculature (diminution de  $K_e$  proportionnellement plus forte que la diminution des FFS, dans lesquels sont inclus des organes moins touchés par la maladie, comme le squelette, dont la baisse de  $K_e / FFS$  exprime donc une prépondérance relative au sein de la masse maigre).
- 1.9. La concentration intracellulaire moyenne en K est significativement abaissée ( $p = 0,01$ ) ; ceci nous permet de ranger la kaliopénie observée dans la catégorie des déplétions vraies en potassium, dont cette baisse de l'AvICK constitue la définition.
- 1.10. Le rapport  $K_e /$  créatinine, enfin, est élevé, quoique de manière

statistiquement non significative ( $p < 0,1$ ).

Ceci contraste avec la notion clinique d'une fonte musculaire importante, qui devrait se marquer par une élévation franche du rapport. En fait, nous avons ici une déplétion vraie, comme démontré précédemment. Il s'ensuit que le rapport  $K / \text{créatinine}$  ne représente plus un indice fidèle de la masse musculaire. Pour que ce rapport soit valable, il faut en effet que l'AvICK soit normale.

Cette absence de corrélation entre  $K / \text{créatinine}$  et masse musculaire, due à l'altération métabolique prédominante qui se manifeste par la baisse de l'AvICK, nous empêche également de mettre en relation le  $K$  et les valeurs qui en dérivent avec le niveau de la lésion médullaire.

- 1.11. Notons enfin que la kaliémie de nos patients a été dans les limites normales tout au long de notre étude (moyenne du  $K$  sérique = 4,53 mEq/l, comprise entre des extrêmes de 3,8 et 5,2).

Cet ensemble de mesures nous permet donc d'affirmer que nos paraplégiques présentent, sur le plan de la composition corporelle, un état caractérisé par :

- 1) une déplétion potassique vraie,
- 2) une hypo-osmolarité corporelle globale,
- 3) une perte de poids se faisant aux dépens de la masse maigre.

Or, si nous pouvions nous attendre à retrouver une diminution du  $K$  traduisant une fonte musculaire, cette kaliopénie semblait à priori devoir être rangée dans la catégorie des pseudo-déplétions par diminution du "réservoir de potassium", en l'occurrence le muscle. Nos résultats montrent qu'il s'agit d'une déplétion vraie avec baisse de la concentration intracellulaire en potassium, ce qui implique l'existence d'une altération métabolique s'ajoutant à la simple fonte musculaire.

## 2. Evolution des paramètres au sein du groupe des hommes.

- 2.1. Dans un premier temps, nous avons tenté de différencier les changements précoces des changements plus tardifs. Nous avons adopté le délai d'un mois après l'accident comme date limite entre les périodes "précoce" et "tardive".

On peut en effet estimer à un mois environ la durée de la phase catabolique post-traumatique (29 a). La chronologie des mesures par rapport au jour de l'accident est indiquée dans les tableaux II et III. Elle va de 10 jours à un mois pour la période précoce et de 2 à 11 mois pour la période tardive.

Le tableau IV B résume le sens et la signification statistique (déterminée par le test de t) des variations survenues entre les deux périodes considérées, soit avant et après un mois à dater du jour de l'accident.

- 2.1.1. Entre les deux périodes considérées, le poids moyen reste stable ; l'eau totale diminue légèrement et surtout aux dépens de l'eau intracellulaire. L'eau extracellulaire reste stable à la limite supérieure de la normale, tandis que la graisse totale augmente légèrement, mais de manière non significative. Ses variations sont

comprises dans les limites normales. Le  $K_e$ , déjà très abaissé dans le premier mois, s'abaisse encore plus par la suite, alors que le  $Na_e$  ne subit pas de variation notable. Il en résulte une élévation progressive du rapport  $Na_e / K_e$ , voisin de la normale avant un mois, puis franchement pathologique. L'AvICK, d'emblée très abaissée, reste à une valeur très inférieure à la normale. Le rapport  $K_e / \text{créatinine}$ , modérément élevé avant un mois, accentue cette tendance, malgré la baisse de  $K_e$ , ce qui traduit une diminution de la créatininurie proportionnellement plus importante que la diminution du  $K_e$ , c'est-à-dire une perte de masse musculaire. Le rapport  $K_e / FFS$  reste stable à une valeur significativement abaissée. Enfin, l'osmolarité corporelle globale ( $Na_e + K_e / TBW$ ), très basse au début, montre une tendance à la correction partielle. Notons cependant que, de tous ces changements, seule la variation de  $Na_e / K_e$  est statistiquement significative.

- 2.1.2. En résumé, nous constatons que les altérations mises en évidence par la comparaison de l'ensemble de nos résultats avec la normale existent toutes dès le premier mois après le traumatisme, s'exprimant à des degrés divers ; de plus, il existe à ce moment un abaissement modéré et non significatif du  $Na_e$ .

L'analyse statistique ne met pas en évidence, entre les périodes précoce et tardive, de variations, significatives des paramètres étudiés, à l'exception d'une élévation du rapport  $Na_e / K_e$  - En d'autres termes, la déplétion potassique, la baisse de l'osmolarité corporelle globale et le déficit pondéral existent dès le premier mois d'évolution, et ce n'est pas dans ce délai qu'interviennent d'éventuelles modifications.

- 2.2. Dans un second temps, nous nous sommes attachés à étudier les modifications survenant sous l'influence d'une reprise de l'activité. Pour ce faire, nous avons comparé l'ensemble des valeurs obtenues avant et après la mise des patients en fauteuil roulant. Ce passage, correspondant à une physiothérapie très intensive, constitue en effet une étape importante de la rééducation, où l'activité motrice des patients augmente considérablement. Il s'est effectué chez la plupart de nos malades entre 1 1/2 et 3 mois après leur accident. Le tableau IV C donne le sens et la signification statistique (déterminée par le test de t) des variations survenues entre les deux périodes considérées, soit avant et après la mise en fauteuil roulant.

- 2.2.1. Le poids moyen baisse significativement ( $p < 0,02$ ) aux dépens de la graisse totale et de l'eau totale, au sein de laquelle les fractions extra- et intracellulaires baissent toutes deux, la seconde plus que la première.

Le  $K_e$ , très abaissé, ne se modifie pas d'une période à l'autre, alors que le  $Na_e$  passe de la limite inférieure de la normale à la normale. Il en résulte une faible élévation du  $Na_e / K_e$ , non significative. L'AvICK, très abaissée avant la mise en fauteuil roulant,

tend à s'élever après, sans toutefois revenir à la normale. Le rapport  $K_e/\text{créatinine}$ , déjà élevé, maintient cette tendance, tandis que  $K_e/\text{FFS}$  reste stable. Enfin, nous assistons à une élévation significative ( $p < 0,02$ ) du rapport  $\frac{Na_e + K_e}{TBW}$ , qui finit par avoisiner la limite inférieure de la normale.

- 2.2.2. Il semble donc que l'instauration d'une activité physique accrue aboutisse à une perte de poids harmonieuse, portant sur la graisse et l'eau, et coïncide avec la correction au moins partielle de l'hypo-osmolarité globale.

Les valeurs obtenues après passage au fauteuil roulant montrent toutefois une persistance de la déplétion potassique et il n'y a aucun argument positif en faveur d'une reconstruction de la masse musculaire. Le rapport  $K_e/\text{créatinine}$  ne nous est d'aucune utilité dans ce cas, vu la persistance de la déplétion en  $K_e$ .

Le squelette occupe toujours une place prépondérante au sein de la masse maigre ( $K_e/\text{FFS}$  stable).

3. Comparaison du groupe des femmes avec la normale.

Vu le petit nombre d'observations, nous nous contentons de souligner les principales déviations observées entre les moyennes obtenues et la normale (Tableaux V et VI).

Nous retrouvons dans ce groupe la plupart des caractéristiques du groupe des hommes, soit la diminution du  $K_e$ , de  $L'AvICK$ , des rapports  $\frac{Na_e + K_e}{TBW}$  et  $K_e/\text{FFS}$ , l'élévation des rapports  $\frac{Na_e}{K_e}$  et  $K_e/\text{créatinine}$ . L'eau totale et extracellulaire sont dans les limites normales, et la principale différence d'avec le groupe des hommes consiste en une valeur absolue et relative plus élevée de la graisse totale.

### Discussion.

Malgré la grande variabilité des résultats d'un patient à l'autre et l'individualité des types d'évolution, nous pensons avoir dégagé quelques tendances pratiquement constantes dans notre groupe de patients, à savoir:

- 1) une déplétion vraie en potassium
- 2) une hypo-osmolarité corporelle globale
- 3) une perte de poids (cf fig. 3)

L'origine de la perte de poids semble mixte :

il y a perte de graisse et perte d'une quantité d'eau totale (et surtout intracellulaire) supérieure à l'eau contenue dans le tissu adipeux perdu, donc perte de masse maigre, contrairement à ce qui se passe lors de l'amaigrissement par régime hypocalorique dans les cas d'obésité simple (9), mais d'une manière assez analogue à l'amaigrissement par jeûne total (28), malnutrition, maladie débilitante ou cachectisante, amyotrophie ou déficit neurologique (5).

De toute évidence, cette masse maigre est constituée essentiellement de muscle, bien que nous ne puissions pas le démontrer par notre méthode, la déplétion potassique rendant inutilisable le rapport  $K_e/\text{créatinine}$ .

De multiples faits d'observation sont venus corroborer le simple bon sens : citons Wyse et Pattee (29 a) qui ont mis en évidence chez des paraplégiques une atrophie musculaire avec bilan azoté négatif durant jusqu'à six mois, accompagné d'une excrétion disproportionnée de créatine, et Anderson et coll. (1) qui ont caractérisé histologiquement cette atrophie comme répondant au type de l'atrophie "ab inusu" et prouvé par marquage isotopique l'origine musculaire de la créatine.

Dans l'abaissement du  $K_e$ , il existe certainement deux éléments :

1) La fonte musculaire : une excrétion urinaire accrue de potassium chez les paraplégiques a été notée depuis longtemps (29 a. 20, 12) ; un argument supplémentaire en faveur de l'origine musculaire de ce potassium est donné par Tobey (27) qui, recherchant la cause d'arrêts cardiaques lors d'anesthésies avec emploi de succinylcholine chez des paraplégiques, a trouvé une élévation temporaire du potassium sérique, plus marquée dans la veine cave inférieure, ce qui semble démontrer que l'origine du potassium en excès était la musculature anormale des membres inférieurs.

2) Une déplétion vraie en potassium, qui ressort nettement de notre travail et dont nous allons tenter d'évoquer le mécanisme.

La baisse de la concentration intracellulaire en potassium existe très précocement chez nos malades et persiste pratiquement sans changement pendant la durée de l'observation.

Une telle baisse de l' $AVICK$  ne se rencontre en principe que dans la déplétion potassique consécutive à des troubles métaboliques (principalement anoxie et acidose), ou endocriniens (19). Le paraplégique est un patient chez qui existent de nombreux troubles métaboliques :

Parallèlement aux manifestations neurologiques, qui vont du choc spinal (durée d'environ 6 semaines) avec flaccidité, aréflexie, sécheresse cutanée, à la phase spastique, le paraplégique présente toutes les altérations métaboliques d'un traumatisé grave, avec quelques variantes qui lui sont propres.

C'est d'abord le choc post-traumatique (quelques minutes à 24 heures) avec vasodépression, hypotension, anémie (par stase capillaire, hémolyse et diminution de l'hématopoïèse), troubles de la crase sanguine, dépression du métabolisme cellulaire se manifestant par une diminution du métabolisme de base et résultant à la fois de l'anémie, de l'hypoxie, de la douleur et de la perte de chaleur corporelle accrue par la vasoplégie (20).

Puis survient la phase catabolique post-traumatique (2 semaines à 6 mois), avec bilan azoté négatif, qui est proportionnel au niveau lésionnel (12).

Une créatinurie augmentée et une baisse des albumines sériques distinguent la phase catabolique chez les paraplégiques de celle qui suit un autre type de traumatisme (12, 29 a). La créatinurie diminue progressivement (12) ; dès le 3ème ou 4ème jour, la perte urinaire de potassium atteint son maximum, et l'on constate parallèlement une rétention sodique (12) ; l'immobilisation entraîne la négativation du bilan phosphocalcique (20) ; on relève encore une rétention passagère de la BSP (20), des altérations de la tolérance au glucose (12), parfois un syndrome de démasculinisation avec gynécomastie et atrophie testiculaire (29 b), ainsi que des altérations

de la fonction surrénalienne (15, 29 b) et une excrétion urinaire accrue d'aldostérone (6).

Ces altérations sont suffisamment importantes pour expliquer une déplétion potassique vraie. Cependant, la preuve par dosage direct d'une diminution du potassium intracellulaire n'a pas été apportée à notre connaissance. Un argument indirect en faveur d'une baisse précoce de la concentration du potassium intracellulaire peut cependant être tiré du travail de Brooks (3). Cet auteur, par l'électromyographie intracellulaire chez le chat paraplégique, constate une baisse réversible du potentiel de membrane pendant la première semaine post opératoire.

Ce potentiel étant le résultat de la présence à l'intérieur du muscle d'une concentration élevée de potassium, sa diminution suggère une diminution parallèle de cette dernière.

Mais il faut noter que cette modification du potentiel de membrane se corrige après une semaine chez l'animal d'expérience, ce qui suggère la réversibilité de l'altération métabolique initiale ; nous ne pouvons mettre en évidence chez nos sujets qu'une faible tendance à la correction de l'AvICK, à peine sensible après plusieurs mois d'évolution ; il faut donc admettre dans notre groupe la persistance d'un trouble métabolique responsable d'une déplétion potassique vraie.

A cet égard, les paraplégiques se comportent donc d'une manière analogue à celle des cardiaques et des cirrhotiques non oedémateux étudiés par Nagant de Deuxchaisnes (19) et différente de celle des patients atteints d'amyotrophie, objet de la même étude (19). L'existence d'un hyperaldostéronisme secondaire s'appuie sur l'observation d'une rétention sodique (12) et d'une excrétion accrue d'aldostérone (6) chez les paraplégiques. Cet hyperaldostéronisme se traduit dans la composition corporelle par un Na<sup>e</sup> augmenté et un K abaissé : nous avons vu que le Na<sup>e</sup> exprimé en valeur absolue est normal dans notre groupe ; vu la perte de poids observée, il doit donc être augmenté en valeur relative, ce qui est bien le cas : le Na<sup>e</sup>/kg de nos malades atteint une valeur moyenne de 50,4 meq/kg (normale : 43,3 meq/kg) et se place ainsi à une valeur voisine de celle trouvée par Nagant dans la cirrhose et l'insuffisance cardiaque sans rétention hydrosodée (19). Le potassium intracellulaire reste fortement diminué. Puisque l'osmolarité a tendance à se corriger, nous devons admettre un certain degré de remplacement du K intracellulaire par le Na, ce qui est le cas dans un hyperaldostéronisme secondaire (19).

Reste à évoquer le mécanisme pouvant aboutir à la constitution d'un hyperaldostéronisme chez le paraplégique.

Une sécrétion accrue d'aldostérone peut survenir sous l'influence de différents stimuli. Muller et coll. (18) ont démontré l'augmentation de cette sécrétion consécutive à des altérations hémodynamiques : saignée, pincement de l'aorte ou de l'artère rénale, ouverture d'une fistule artérioveineuse. Laragh et coll. (14), ainsi que Bartter et coll. (2) ont relevé un accroissement de l'aldostéronurie sous l'effet d'une surcharge en potassium. Les mêmes auteurs, ainsi que Farrell (8) ont évoqué le rôle du système nerveux central dans la régulation de la sécrétion d'aldostérone.

Nous proposons donc, pour expliquer la genèse d'un hyperaldostéronisme chez le paraplégique, le schéma suivant :

- 1) les altérations métaboliques (acidose, hypoxie) liées à l'atteinte médullaire et au choc traumatique entraînent une fuite du potassium intracellulaire (déplétion vraie) qui aboutit à une baisse de l'osmolarité intracellulaire.
- 2) Une augmentation transitoire de la kaliémie peut survenir à ce stade et constituer une première cause d'hyperaldostéronisme.
- 3) La baisse de l'osmolarité intracellulaire entraîne un déplacement de l'eau en direction de l'espace extracellulaire, qui devient transitoirement hypotonique, ce qui pourrait constituer une seconde cause d'hyperaldostéronisme. Il faut noter cependant que ce mécanisme n'a jamais pu être démontré de façon irréfutable (14).
- 4) La lésion du système nerveux central en elle-même, les modifications hémodynamiques consécutives à la vasoplégie, sont autant de facteurs pouvant également influencer la sécrétion d'aldostérone.
- 5) L'activité de l'aldostérone peut en outre être prolongée par défaut d'extraction hépatique (rétention transitoire de la BSP chez les paraplégiques) (6).
- 6) La constitution d'un hyperaldostéronisme rend compte du maintien de la déplétion potassique ; la rétention sodée qu'il entraîne aboutit à la longue à un rétablissement de l'osmolarité corporelle globale par l'augmentation relative du sodium, malgré la persistance de la déplétion potassique.

### Conclusion.

- L'analyse par dissection isotopique de la composition corporelle de para- et tétraplégiques démontre que l'altération majeure chez ces malades est une déplétion vraie en potassium, entretenue par un hyperaldostéronisme, et accompagnée d'une baisse réversible de l'osmolarité corporelle globale.
- Une fonte musculaire est certaine, mais ne peut être évaluée de manière précise, étant donné la déplétion potassique. Pour la même raison, il est impossible de mettre en relation le niveau lésionnel et les modifications observées du K<sup>+</sup> et des valeurs qui en dérivent. Rien n'indique que cette fonte ait tendance à se corriger sous l'effet du traitement.
- L'accroissement de l'activité physique des malades coïncide :
  - a) avec une perte de poids portant sur la graisse corporelle totale et les liquides totaux
  - b) avec la correction partielle de l'hypoosmolarité.

### Résumé.

Nous avons étudié par la méthode dite de dissection isotopique la composition corporelle de 20 patients para- et tétraplégiques (17 hommes et 3 femmes) âgés de 17 à 53 ans. Les mesures ont été pratiquées de 10 jours à 12 mois après l'accident.

Sur le plan de la composition corporelle, la principale anomalie observée est une déplétion potassique vraie, caractérisée par une baisse de la concentration intracellulaire en potassium, et accompagnée d'une hypo-osmolarité corporelle globale réversible. Ces anomalies sont compatibles avec l'existence d'un hyperaldostéronisme secondaire, dont nous discutons l'origine possible.

Du fait de la déplétion potassique, la méthode employée ne permet pas d'évaluer avec précision une fonte musculaire cliniquement certaine. Rien n'indique que cette fonte ait tendance à se corriger sous l'effet du traitement.

Enfin, nous mettons en évidence une perte de poids portant à la fois sur la graisse corporelle et les liquides totaux, et coïncidant avec l'augmentation de l'activité corporelle et la correction partielle de l'hypo-osmolarité.

### Summary.

The body composition was studied in 20 paraplegic and quadriplegic patients (17 males and 3 females), aged 17 to 53 years, using a multiple tracer method. Determinations were made 10 days to 12 months after spinal cord injury.

The most remarkable alteration was a potassium depletion, characterized by low total exchangeable potassium and diminished intracellular potassium concentration, and accompanied by a lowering of mean body osmolarity. These changes are consistent with secondary hyperaldosteronism, the possible origin of which is discussed.

The method of study did not allow a correct assessment of the amount of muscular tissue lost.

Other findings include a loss of weight and a correction of the low body osmolarity occurring in coincidence with resumption of physical activity.

## Références

1. ANDERSON E., KEDDA L.H. et KNOWLTON K. : A preliminary investigation of the source of the creatinuria following transection of the spinal cord. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 110:690 (1962).
2. BARTTER F.C., BARBOUR B.H., CARR A.A. et DELEA C.S. : On the role of potassium and of the central nervous system in the regulation of aldosterone secretion. *Aldosterone (a symposium)* - Blackwell scient. publ. - Oxford (1964) : 221.
3. BROOKS J.E. : Disuse atrophy of muscle. *Arch. Neurol.* 22 : 27 (1970).
4. BUSSET P., DE SOUSA R.C. et MACH R.S. : Etude de la composition corporelle à l'aide de radio-isotopes chez l'homme normal et au cours de différents états pathologiques - méthode. *Sem. Hôp.* 20 : 1312 (1967).
5. CARLIER B., FAVRE H. et BUSSET R. : Etude des compartiments corporels de quarante-deux cas de déficit pondéral - méthode de dissection isotopique. *Path. Biol.* 17 : 337 (1969).
6. CLAUS-WALKER J.L., CARTER R.E., LIPSCOMB H.S. et VALLBONA C. : Daily rhythm of electrolytes and aldosterone excretion in men with cervical spinal cord section. *J. Clin. Endocr. Metab.* 29 : 300 (1969).
7. EDELMAN J.S., LEIBMANN J., O'MEARA M.P. et BIRKENFELD L.W. : Interrelations between serum sodium concentration, serum osmolality and total exchangeable sodium, total exchangeable potassium and total body water. *J. Clin. Invest.* 37 : 1236 (1958).
8. FARRELL G. : Recent contributions to the study of the role of the central nervous system in aldosterone secretion. *Aldosterone (a symposium)*. Blackwell scient. publ. - Oxford (1964) : 243.
9. FAVRE H., BUSSET R., QUOIDBACH A. et CARLIER B. : Evaluation des modifications de la composition corporelle de l'obèse au cours de l'amaigrissement. *Praxis* 58 : 1197 (1969).
10. GREENWAY R.M., HOUSER H.B., LINDAN O. et WEIR D.R. : Long-term changes in gross body composition of paraplegic and quadriplegic patients. *Paraplegia.* 7 : 301 (1969).
11. HOERNI M. : Etude de la composition corporelle par dissection isotopique - II. Etude statistique des relations entre les diverses valeurs mesurées. *Bull. Acad. Suisse Sciences Médic.* 23 : 207 (1967).

12. KNOWLTON K., SPENCE W.T., RIOCH D. McK., HAYMAKER W., LASKEY A., KEDDA L., BAHN R. et ANDERSON E. : Metabolic changes following transection of the spinal cord in dogs. *Act. Neurol. Lat.* 15 : 374 (1957).
13. LACROIX M., BUSSET R. et MACH R.S. : Utilisation comparative du soufre 35 et du brome 82 pour la détermination du volume de l'eau extracellulaire. *Helv. Med. Acta* 32 : 87 (1965).
14. LARAGH J.H., CANNON P.J. et AMES R.P. : Aldosterone in man. The control of its secretion, its interaction with sodium balance and angiotensin activity. Aldosterone (a symposium) - Blackwell scient. publ. - Oxford (1964) : 427.
15. Mc DANIEL J.W. et SEXTON A.W. : Psychoendocrine function in relation to level of spinal cord transection. *Horm. Behav.* 2 : 59 (1971).
16. MONNEROT - DUMAINE M. : L'indice de corpulence et son calcul chez l'adulte. *Presse méd.* 63 : 1037 (1955).
17. MOORE F.D., OLESEN K.H., Mc MURREY J.D., PARKER H.V., BALL M.R. et BOYDEN C.M. : The body cell mass and its supporting environment. W.B. Saunders - Philadelphie/Londres (1963).
18. MULLER A.F., MANNING E.L., MORET P. et MEGEVAND R. : Renal blood supply and aldosterone secretion. Aldosterone (a symposium) - Blackwell scient. publ. - Oxford (1964) : 187.
19. NAGANT DE DEUXCHAISNES C., COLLET R.A., BUSSET R. et MACH R.S. : Exchangeable potassium in wasting, amyotrophy, heart disease and cirrhosis of the liver. *Lancet* I : 681 (1961).
20. O'CONNEL F.B. et GARDNER W.J. : Metabolism in Paraplegia. *J.A.M.A.* 153 : 706 (1953).
21. PACE N. et RATHBUN E.N. : Studies on body composition. III. The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. *J. Biol. Chem.* 158 : 685 (1945).
22. QUOIDBACH A. : Etude de la composition corporelle par dissection isotopique. I : principes généraux et applications en clinique. *Bull. Acad. Suisse Sciences Méd.* 23 : 196 (1967).
23. QUOIDBACH A., BUSSET R., HOERNI M. et DE SOUSA R.C. : Etude des compartiments corporels à l'aide des radioisotopes en clinique. *Schweiz. Med. Wschr.* 96 : 1699 (1966).
24. QUOIDBACH A., BUSSET R. et MACH R.S. : Créatininurie et composition corporelle. *Rev. franç. Et. Clin. et Biol.* 12 : 479 (1967).

25. QUOIDBACH A., BUSSET R., DAYER A. et MACH R.S. :  
Evaluation of body composition in obesity using isotopic dilution techniques. Proc. Internat. Meeting on the Physiopathology of Adipose Tissue - Marseille 1968.
26. DE SOUSA R.C., BUSSET R., MOSER C., COLLET R. et HOERNI M. : Corrélation entre sodium échangeable, potassium échangeable, eau totale et espace brome (applications cliniques de la formule d'Edelman).  
Helv. Med. Acta. 31 : 623 (1964).
27. TOBEY R.E. : Paraplegia, succinylcholine and cardiac arrest.  
Anesthesiology 32, 4 : 359 (1970).
28. WAUTERS J.P., BUSSET R., DAYER A. et FAVRE H. :  
Effet de divers traitements amaigrissants sur la composition corporelle dans l'obésité simple - analyse par dissection isotopique.  
Schweiz. med. Wschr. 100 : 1272 (1970).
- 29.a. WYSE D.M. et PATTEE C.J. : The metabolic alterations of immobilization, injury and paraplegia - Part I : protein metabolism.  
D.V.A. Treat. Serv. Bull. 8 : 63 (1953).
- 29.b. Id. Part V : endocrine and physiological alterations. D.V.A.  
Treat. Serv. Bull. 8 : 351 (1953).
30. ZENDER R. et FALBRIARD A. : Analyse automatique de la créatinine dans le sérum et dans l'urine. Clin. chim. Acta (Amst.) 12 : 183 (1965).





